



## SINTEK: JURNAL MESIN TEKNOLOGI

Homepage: <http://jurnal.umj.ac.id/index.php/sintek>



# ANALISA REAKTOR BIOGAS CAMPURAN LIMBAH KOTORAN KAMBING DENGAN JERAMI DAN EM4 SISTEM MENETAP

Eswanto<sup>1,\*</sup>, Ilmi<sup>2</sup>, Amrizon Rofenry Siahaan<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Medan  
Jl. Gedung Arca No.52 Medan, 20217

\*E-mail: [eswanto@itm.ac.id](mailto:eswanto@itm.ac.id)

Diterima: 15-04-2018

Direvisi: 14-05-2018

Disetujui: 01-06-2018

## ABSTRAK

Biogas adalah campuran gas yang dihasilkan oleh bakteri metanogenik yang terjadi pada material-material yang dapat terurai secara alami dalam kondisi *anaerobic*. Saat ini diperlukan energi alternatif sebagai pengganti sumber energi yang berasal dari fosil dan minyak bumi, oleh karena itu pemanfaatan limbah menjadi biogas merupakan salah satu solusi yang harus dikembangkan. Tujuan riset ini adalah untuk mendapatkan karakteristik dari reaktor sistem menetap dan hasil biogas. Dalam penelitian ini dilakukan pengujian biogas dari limbah kotoran kambing dengan campuran limbah jerami padi dan EM4 untuk menghasilkan gas metan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kapasitas gas yang dihasilkan yaitu 0,1675 m<sup>3</sup>/s dan masa 0,0023 kg, di sisi lain tekanan gas yang didapat yaitu 19,1 N/m<sup>2</sup> dengan temperatur sebesar 36°C. Sedangkan lama waktu yang dibutuhkan terbentuknya gas yaitu selama 5 hari setelah pemasukan bahan baku ke dalam reaktor biogas sistem menetap.

**Kata kunci:** Reaktor, EM4, biogas, jerami, kotoran kambing

## ABSTRACT

*Biogas is a gas mixture produced by methanogenic bacteria that occurs in naturally decomposable materials under anaerobic conditions. Currently, alternativf energy is needed as a replacement source of energy derived from fossil and petroleum, therefore the utilization of waste into biogas is one solution that must be developed. The purpose of this research is to obtain the characteristics of the sedentary system reactor and biogas yield. In this study biogas testing of goat waste with rice straw mixture and EM4 to produce methane gas. The results showed that the gas capacity produced was 0.1675 m<sup>3</sup> / s and the 0.0023 kg period, on the other hand the gas pressure obtained was 19.1 N / m<sup>2</sup> with a temperature of 36 °C. While the time required for the formation of gas that is for 5 day after the introduction of raw material into biogas reactor settled system.*

**Keywords:** reactor, EM4, biogas, straw, goat waste

## PENDAHULUAN

Pembangunan yang merata diberbagai sektor mesti dilakukan untuk melanjutkan keberlangsungan hidup dan pemerataan kesejahteraan, terutama terkait dengan energi. Saat ini semua kalangan masyarakat dituntut untuk membuat karya kreatif dalam membantu pemerintah menaggulangi masalah sumber energi yang semakin menipis. Salah satu yang dapat dilakukan adalah dengan mencari sumber-sumber energi disekitar tempat tinggal dan kemudian memanfaatkannya misalnya saja sumber energi dari biogas khususnya dari limbah kotoran ternak. Biogas adalah gas yang dapat menyala yang dihasilkan oleh mikroba anaerobik apabila bahan organik mengalami fermentasi dalam suatu keadaan anaerob yang sesuai dengan kondisi temperatur suhu, kelembapan udara yang sama. Biogas merupakan salah satu energi terbarukan yang sangat berpotensi untuk dikembangkan dan terjamin kontinuitasnya [1].

Menurut Setiyawan [2], penggunaan kotoran ternak sebagai bahan biogas merupakan pilihan yang tepat. Dengan teknologi sederhana ini, kotoran ternak yang tadinya hanya mencemari lingkungan dapat diubah menjadi sumber energi terbarukan yang sangat bermanfaat. Disamping itu eksplorasi bioteknologi dengan limbah peternakan menyangkut kotoran ternak sebagai sumber energi terbarukan yang murah dapat meningkatkan kesejahteraan peternak [3]. Sistem produksi biogas mempunyai beberapa keuntungan seperti mengurangi pengaruh gas rumah kaca, mengurangi polusi bau yang tidak sedap, sebagai pupuk dan produksi daya dan panas [4]. Dalam proses penguraian jerami supaya mempercepat proses fermentasi biogas, maka dalam penelitian ini digunakan *Effective Microorganisme* (EM4) agar jerami lebih cepat diuraikan sebagai bahan baku pembuat biogas dengan kotoran kambing. Di sisi lain kotoran kambing merupakan media organik yang cocok sebagai sumber penghasil biogas, karena mengandung bakteri penghasil gas metana yang terdapat dalam perut kambing. Bakteri metanogenesis berperan dalam pembusukan. Bakteri tersebut membantu dalam proses fermentasi sehingga mempercepat proses pembentukan biogas [5].

Bahan baku jerami secara matematis selalu tersedia karena banyaknya masyarakat umumnya bertani padi dan tinja kambing akan bertambah terus seiring dengan pertambahan ternak kambing yang dikelola oleh masyarakat. Dalam pemanfaatan kotoran kambing dan limbah jerami padi sebagai sumber energi biogas ini merupakan salah satu potensi energi yang perlu mendapat perhatian, karena bukan saja dapat menambah masukan energi tetapi dapat menghemat bahan bakar dan mengurangi pemakaian gas elpiji yang relatif mahal harganya. Sisa-sisa pembuatannya (setelah menghasilkan biogas) dapat dimanfaatkan sebagai pupuk tanaman, karena baunya sudah berkurang. Di samping itu kegiatan ini akan dapat mengurangi menumpukan jumlah volume kotoran kambing dan limbah jerami padi serta mengurangi pembuangan limbah di sembarang tempat secara bebas.

Pemanfaatan limbah menjadi biogas ini akan mengurangi pemakaian sumber energi kayu bakar, minyak tanah. Dengan demikian dapat memberikan nilai ekonomis yang cukup besar, dengan harapan kualitas yang dihasilkanpun cukup menjanjikan sebagai pengganti energi dari fosil maupun minyak. Dalam kaitannya sebagai sumber energi alternatif pengganti energi fosil, biogas merupakan energi bersih yang mampu mengurangi produksi emisi gas rumah kaca, sehingga tepat jika dimanfaatkan [6].

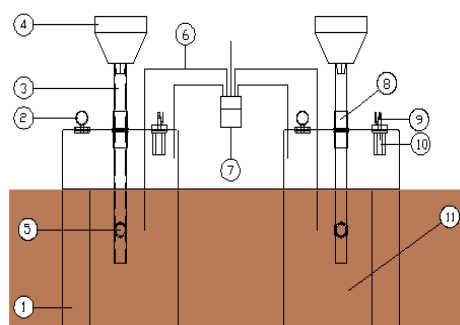
Pemilihan biogas sebagai sumber energi alternatif didasari pada keunggulan yang dimilikinya, yaitu:

1. Menghasilkan gas yang dapat digunakan untuk kebutuhan sehari-hari.
2. Kotoran yang telah digunakan untuk menghasilkan gas dapat digunakan sebagai pupuk organik yang sangat baik.
3. Dapat mengurangi kadar bakteri patogen yang terdapat dalam kotoran sehingga dapat menyebabkan penyakit bila kotoran tersebut ditimbun atau dibuang begitu saja.
4. Yang paling utama adalah mengurangi permasalahan penanganan limbah menjadi sesuatu yang bermanfaat.

Akibat penguraian bahan organik yang dilakukan jasad renik seperti mikroba, baik jamur maupun bakteri, maka akan terbentuk zat atau senyawa lain yang lebih sederhana salah satu diantaranya berbentuk  $\text{CH}_4$  atau gas metan. Seperti limbah yang diproses menjadi kompos memerlukan persyaratan tertentu, demikian pula dalam proses pengubahan limbah menjadi biogas memerlukan persyaratan tertentu juga. Persyaratan itu adalah menyangkut nilai atau bandingan antara unsure Karbon dengan unsur Nitrogen yang secara umum dikenal dengan nama rasio C/N. Rasio C/N terlalu tinggi atau terlalu rendah akan mempengaruhi proses terbentuknya biogas, karena itu merupakan proses biologis yang memerlukan persyaratan hidup tertentu, seperti juga manusia. Menyangkut temperatur karena suhu luar yang paling mempengaruhi kuantitas biogas. Temperatur selama proses berlangsung penting, karena hal ini berkaitan dengan kemampuan hidup bakteri pemroses biogas, yaitu berkisar  $27^\circ\text{C}$  sampai  $28^\circ\text{C}$ , dengan temperatur proses pembuatan biogas akan berjalan sesuai dengan waktunya. Tetapi berbeda bila temperatur terlalu rendah (dingin), maka waktu untuk membentuk biogas akan lebih lama. Oleh karena itu dari latar belakang inilah yang mendasari dilakukan penelitian ini dengan tujuan untuk mengetahui karakteristik dari reaktor sistem menetap dan hasil biogas dari kotoran kambing dengan jerami dan EM4.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan secara eksperimen di laboratorium fenomena dasar mesin, Institut Teknologi Medan dengan skema alat uji di tunjukkan gambar 1. Dari gambar tersebut memperlihatkan skema instalasi alat percobaan yang digunakan dalam pengujian biogas.



Gambar 1. Set up alat uji biogas

Adapun penjelasan dan keterangan dari gambar 1 untuk masing-masing fungsi alat yaitu:

1. Drum reaktor berfungsi sebagai wadah penampung bahan baku.
2. *Pressure gauge* berfungsi sebagai alat untuk mengukur tekanan gas.
3. Pipa input berfungsi sebagai saluran pemasukan bahan baku.
4. Corong pemasukan berfungsi sebagai wadah pemasukan bahan baku.
5. Pipa pengeluaran berfungsi sebagai saluran pengeluaran kotoran sisa.
6. Kabel *thermocouple* berfungsi sebagai media penghantar suhu zat
7. *Thermocouple* berfungsi sebagai alat mengukur suhu
8. Shoket berfungsi sebagai sambungan pipa dengan drum
9. Kran gas berfungsi membuka dan menutup saluran gas
10. Water trap berfungsi sebagai penjebak uap air dan kotoran yang bercampur dengan gas.
11. Bak penampung berfungsi sebagai wadah penampung kotoran sisa hasil pemrosesan.

Dalam prosesnya penelitian yang dilakukan menggunakan bahan uji limbah kotoran kambing (urin dan tinja) dengan campuran limbah jerami dan EM4. Limbah kotoran kambing, limbah jerami padi dan EM4 yang sudah dicampur di bak penampung dimasukkan ke dalam reaktor biogas (digester) system menetap untuk diproses selanjutnya sampai menghasilkan gas bio.

Kegiatan dari hari pertama pengujian sampai hari ketujuh di dalam reaktor biogas dipantau menggunakan alat ukur tekanan gas dan temperatur. Sehingga akan didapatkan data-data yang mendukung untuk dilakukan analisis hasil yang diinginkan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

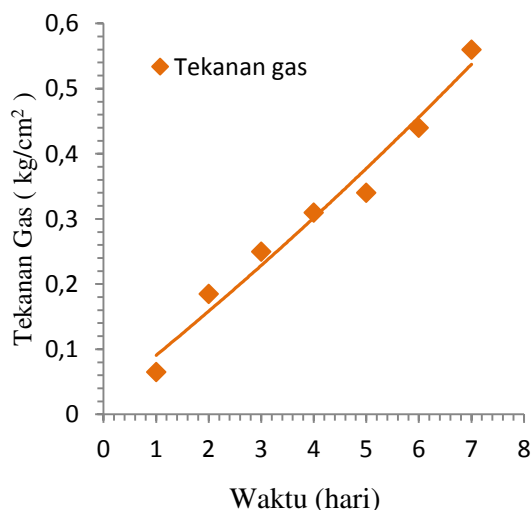
Untuk spesifikasi dan hasil hitungan reaktor system menetap yaitu:

- Volume Reaktor reaktor  
= 229 liter =  $0,229 \text{ m}^3$
- Volume bahan baku yang terisi adalah 171,75 liter

- Volume air sebanyak 85,87 liter
- Volume limbah kotoran kambing dicari dengan perbandingan yaitu 30% dari volume bahan baku  
 $= 30\% \times 171,75 \text{ liter} = 51,522 \text{ liter}$
- Volume limbah jerami padi dicari dengan perbandingan yaitu 20% dari volume bahan baku, maka volume limbah jerami padi adalah:  
 $= 20\% \times 171,75 \text{ liter} = 34,348 \text{ liter}$
- Volume tabung gas yaitu 25% dari volume reaktor dengan perbandingan air dan bahan baku yaitu 1 : 1, maka:  

$$V_{gas} = \frac{25}{100} \times 0,229 \text{ m}^3 = 0,05725 \text{ m}^3$$

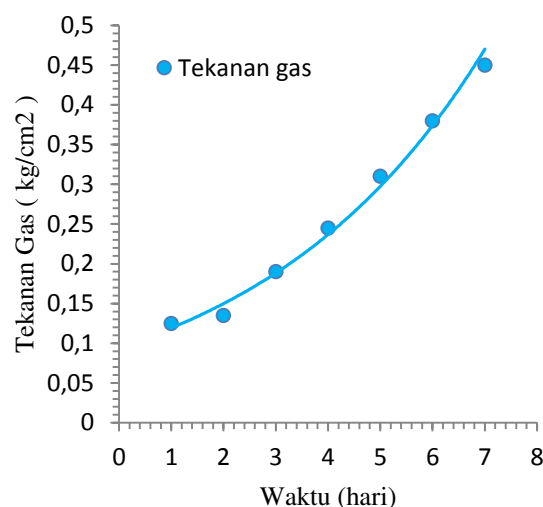
Derajat keasaman suatu cairan ditentukan dengan mengukur nilai pH-nya. Dari hasil pengukuran pH cairan di dapatkan nilai pH antara 6-9, berarti nilai keasaman substrak yang terbentuk sesuai untuk menghasilkan biogas. sebab gas metana akan terbentuk apabila nilai pH cairan antara 6,5-7,5. Setelah 2-3 minggu, pH akan naik kembali yang menandakan perkembangan bakteri metan. Jadi derajat keasaman cairan yang terbentuk memenuhi syarat untuk pembentukan biogas.



**Gambar 2.** Grafik hari percobaan Vs tekanan biogas kotoran kambing dengan campuran limbah jerami dan EM4

Berdasarkan data yang diperoleh pada umumnya diketahui bahwa produksi biogas menunjukkan tren terjadinya peningkatan tekanan dari hari pertama sampai pada hari ke tujuh. Kondisi tersebut memberikan informasi

bahwa telah terjadi pembentukan gas metan saat didalam reaktor sistem menetap.



**Gambar 3.** Grafik waktu percobaan Vs tekanan biogas kotoran kambing murni

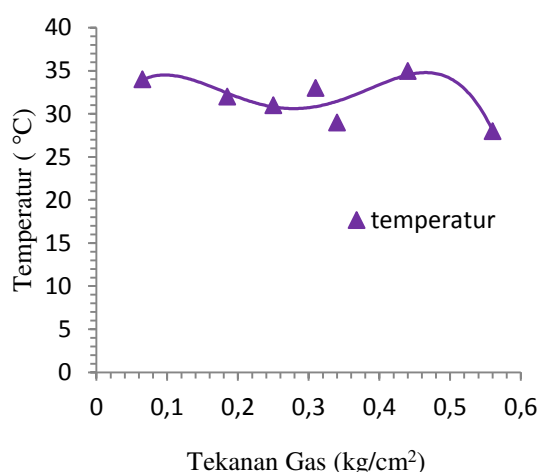
Berdasarkan gambar 2 dan 3 dapat disimpulkan bahwa terdapat perbandingan tekanan biogas yang dihasilkan oleh reaktor biogas sistem menetap.

Dari grafik terpantau bahwa semakin bertambahnya waktu fermentasi maka terlihat tekanan gas yang dihasilkan semakin besar, hal ini dikarenakan mikroba yang menghasilkan gas metan semakin meningkat setiap harinya. Pada grafik tekanan Reaktor kotoran kambing bercampur limbah jerami dan EM4, tekanan awal yang dihasilkan lebih kecil dari pada reaktor kotoran kambing murni akibat dari lamanya proses pembentukan gas setelah pembuangan gas dari Reaktor sebelum diuji, namun pada hari-hari berikutnya tekanan pada reaktor biogas kotoran kambing dengan campuran limbah jerami dan EM4 semakin meningkat dan lebih besar dari tekanan reaktor biogas kotoran kambing murni. Kondisi ini kemudian menjadi pertanyaan, kenapa justru campuran limbah jerami dan EM4 tekanan gasnya lebih besar dibandingkan dengan biogas kotoran kambing murni?. Setelah dilakukan kajian secara teoritis ditemukan bahwa properties EM4 inilah yang menjadi peranan penting dalam menghasilkan gas, dimana tugasnya adalah mempercepat penguraian sehingga gas bio akan menjadi

lebih cepat terbentuk ddibuktikan dengan semakin meningkatnya tekanan yang dihasilkan, dan kondisi tersebut dapat dilihat dari hasil grafik pada gambar 2 dan gambar 3.

Di sisi lain untuk mengetahui gas bio yang dihasilkan, kita dapat memantaunya dari keadaan temperaturnya yang tentunya telah dipasang thermocouple didalam alat reactor biogas tersebut. Dalam riset ini temperatur sangat berpengaruh terhadap terbentuknya gas. Besarnya temperatur yang terjadi pada saat fermentasi pada reaktor sistem menetap memberikan nilai tekanan gas dan temperatur.

Temperatur sangat berpengaruh terhadap aktivitas mikroorganisme di dalam substrat, semakin tinggi temperaturnya (Temperatur optimum hidup bakteri) maka aktivitas mikroorganisme juga semakin meningkat.

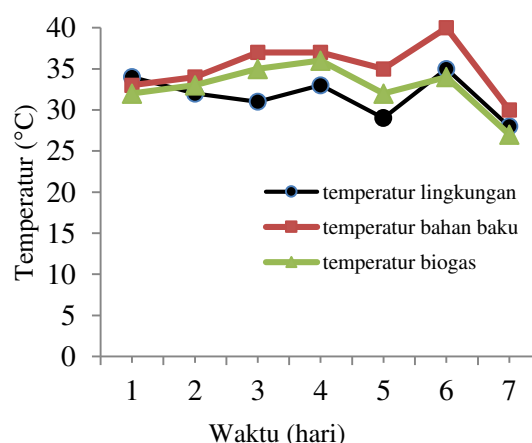


**Gambar 4.** Grafik tekanan gas vs temperatur

Gambar 4 merupakan grafik perbandingan tekanan gas dengan temperatur yang dihasilkan pada saat pengujian, tampak bahwa temperatur tertinggi yang didapatkan untuk menghasilkan gas yaitu sebesar 35°C dengan tekanan gas 0,44 kg/cm<sup>2</sup>, sedangkan temperatur terendah untuk menghasilkan gas yaitu 28°C dengan tekanan gas 0,56 kg/cm<sup>2</sup>. Perubahan suhu dapat terjadi pada saat cuaca cerah dan mendung atau hujan. Kondisi lain pernah dilakukan oleh Ardyanto Darmanto, dkk [7] menggunakan limbah kotoran kuda dimana hasil penelitian dapat diambil kesimpulan bahwa produksi biogas yang dihasilkan dari

reaktor kondisi thermophilic lebih tinggi dibandingkan produksi biogas pada kondisi *mesophilic* dan tanpa pemanasan.

Pada gambar 4 juga menjelaskan bahwa temperatur sangat mempengaruhi lamanya proses fermentasi. Meningkatnya temperatur umumnya produksi biogas juga semakin meningkat. Kondisi temperatur pada reaktor biogas sistem menetap tidak hanya berpengaruh terhadap tingginya produksi biogas namun berpengaruh juga terhadap kecepatan waktu untuk menghasilkan produksi pada nilai optimum, dimana hal serupa juga telah dikemukakan oleh joacim bahwa peningkatan temperatur menyebabkan aktivitas enzim meningkat. Hal ini disebabkan oleh suhu yang makin tinggi akan meningkatkan energi kinetik, sehingga menambah intensitas tumbukan yang terjadi antara substrat dan enzim. Tumbukan yang sering terjadi akan mempermudah pembentukan kompleks enzim-substrat, sehingga produk yang terbentuk makin banyak [8]. Temperatur merupakan pengaruh utama pembentukan gas metana, jumlah gas yang terkandung dalam bahan akan cepat terbentuk apabila temperatur tinggi dan sebaliknya apabila temperatur pada tabung reaktor rendah maka proses pembentukan gas akan lambat karena temperatur tersebut merupakan energi yang menyebabkan bahan tersebut menjadi panas sehingga kandungan gas dalam bahan baku akan menguap atau terpisah dengan cepat.

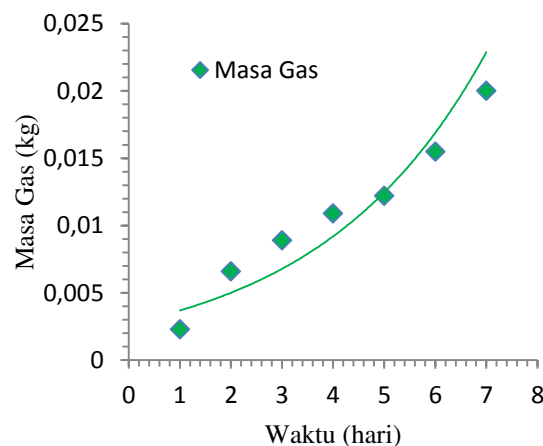


**Gambar 5.** Grafik waktu vs temperatur



Gambar 5 adalah terlihat bahwa kenaikan tren grafik paling tinggi ditunjukkan oleh garis temperatur bahan baku yaitu berkisar 40 °C dengan pada waktu 6 hari. Hal tersebut juga terlihat lebih besar temperaturnya jika dibandingkan dengan temperatur lingkungan maupun temperatur biogas. Pada gambar 5 juga menginformasikan kondisi dari mulai hari pertama pengujian sampai hari ke empat memberikan tren grafik yang hampir sama kenaikan temperaturnya, dan mulai menurun saat hari ke lima yaitu besarnya adalah 29 °C untuk temperatur lingkungan, 35 °C kondisi temperatur bahan baku dan 32 °C pada temperatur biogas. Namun kemudian di waktu hari ke enam temperatur kembali menunjukkan tren kenaikan tetapi pada hari ke tujuh justru mengalami penurunan kembali, kondisi tersebut sangat banyak pengaruhnya yang terjadi di dalam reaktor biogas sistem menetap, diantaranya adalah disebabkan karena bakteri yang memproses fermentasi bahan baku biogas. Kondisi terjadinya adanya perubahan temperatur yang berubah-ubah kemungkinan disebabkan oleh keadaan cuaca baik itu cerah maupun mendung, tetapi dalam hal ini naik dan turunnya temperatur tidak mempengaruhi proses pembentukan gas di dalam reaktor.

Gambar 6 adalah grafik hubungan lamanya waktu saat percobaan dengan massa gas yang dihasilkan saat fermentasi bahan baku biogas didalam reaktor biogas sistem menetap. Massa gas yang dihasilkan untuk semua waktu tidak menunjukkan perubahan yang sangat drastis atau terlalu ekstrim perubahannya tetapi cenderung stabil. Misalnya saja pada hari pertama pengujian diperoleh massa gas sebesar 0,0023 kg dan hari ke dua yaitu 0,0066 kg sedangkan hari ke tiga adalah 0,0089 kg. Dari hari pertama ke hari kedua terjadi peningkatan massa gas dan itu terjadi sampai hari terakhir yaitu hari ke tujuh sebagaimana terlihat pada gambar 6 yaitu semakin lama waktu pembentukan biogas maka semakin besar pula massa biogas yang dihasilkan. Ini disebabkan oleh mikroba yang menghasilkan gas metan semakin meningkat setiap harinya.



**Gambar 6.** Grafik waktu vs masa gas

## KESIMPULAN

Proses pengujian dilakukan selama 7 hari dilapangan, dimana lama waktu yang dibutuhkan untuk terbentuknya gas yaitu selama 5 hari setelah pemasukan bahan baku ke dalam reaktor biogas sistem menetap. Hasil penelitian menunjukkan bahwa besar tekanan gas yang dihasilkan pada perbandingan 1:1 adalah 19,1 N/m<sup>2</sup> dan kapasitas gas yang dihasilkan sebesar 0,1675 m<sup>3</sup>/s. Dan volume tabung gas yaitu ¼ dari volume Reaktor yaitu 0,05725 m<sup>3</sup> dan volume gas yang dihasilkan 0,00436 m<sup>3</sup> sedangkan temperatur sebesar 33°C dan temperatur gas yang dihasilkan sebesar 32°C pada saat temperatur lingkungan 34°C, di sisi lain massa gas yang dihasilkan semakin besar seiring dengan waktu lamanya fermentasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kapdi, SS., Vijay, V.K., Rajesh, S.K., Prasad, Rajendra, Biogas Scrubbing. 2004. *Compression and Storage: Perspective and Prospectus in Indian Context*. Centre for Rural Development and Technology, Indian Institute of Technology, New Delhi 110 016.
- [2] Setiawan, A.I. 2005. *Memfaatkan Kotoran Ternak. Panebar Swadaya*, Cetakan ke 10, Jakarta.
- [3] Yadvika, A. 2004. *Enhancement of biogas production from solid substrates*. Bioresource Technology, pp 1-10.

- [4] Ihsan, A., Bahri, S., dan Mustafa. 2013. *Produksi biogas menggunakan cairan isi rumen sapi dengan limbah cair tempe*. Journal of Satural Science, 2(2): 27-35
- [5] Djoko Wahyudi, ING Wardana, Nurkholis Hamidi. 2012. *Pengaruh Kadar Karbondioksida (CO<sub>2</sub>) dan Nitrogen (N<sub>2</sub>) Pada Karakteristik Pembakaran Gas Metana*, Jurnal Rekayasa Mesin Vol.3, No. 1: 241-248 ISSN 0216-468X
- [6] Denta Sanjaya, Agus Haryanto dan Tamrin. 2015. *Biogas Production From A Mixture Of Cow Manure With Chicken Manure*. Jurnal Teknik Pertanian Lampung Vol. 4 No. 2: 127-136
- [7] Ardyanto Darmanto, Sudjito Soeparman, Denny Widhiyanuriawan, 2012. *Pengaruh Kondisi Temperatur Mesophilic (35°C) Dan Thermophilic (55°C) Anaerob Reaktor Kotoran Kuda Terhadap Produksi Biogas*. Jurnal Rekayasa Mesin Vol.3 No. 2: 317-326
- [8] Joacuim da Costa. 2011. *Optimasi Produksi Biogas Pada Anaerobic Digester Biogas Type Horizontal Berbahan Baku Kotoran Sapi Dengan Pengaturan Suhu Dan Pengadukan*. (Thesis) Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.